

5. E. Ya. Gatapovaa, A. A. Semenov, D. V. Zaitsev, O. A. Kabov. Evaporation of a sessile water drop on heated surface with controlled wettability// Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects-2014.-Vol.441.-PP.776-785.

Нгуен Данг Куанг, Чан Зюй Хынг (Вьетнам)

Военно-промышленный колледж, г. Фу Тхо

Научный руководитель: Авдеева Диана Константиновна, профессор, д.т.н.

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Введение. Стресс как массовое явление ментального состояния широко распространен в различных странах. Ему подвержена значительная часть населения в различных странах. Например, по одному из исследований в США данная часть населения составляет 40%, в Японии – 60%, Австралии – 35%, а во Франции 40% [1]. В год по статистике, приведенной в [2] на ликвидацию последствий стресса в США, расходуется 190 миллиардов долларов, а в странах Евросоюза – 20 миллиардов евро. Исследуя существующие приборы и теоретические литературы показали, что необходимо создание новых устройств и внедрение новых методов для определения и анализа стресса человека. В данной статье проводим классификацию эмоционального состояния на 2 группы по параметрам зарегистрированных сигналов разработанными аппаратно-программными комплексами (АПК), основанную на методе линейного дискриминантного анализа (ЛДА).

Поставку задачи: Целью эксперимента является классификация эмоционального состояния на нейтральное и стрессовое, вызывающее заметное отклонение от обычного состояния (стресс) у исследуемого. При этом регистрируются электрофизиологические сигналы (реакции) при ответах на нейтральные и стрессирующие вопросы, которые заранее заготовлены. Электрофизиологическими сигналами являются электрокардиография (ЭКГ), электроэнцефалография (ЭЭГ), определение кожно-гальванической реакции (КГР). Имеется также набор контрольных вопросов. Для данной работы наиболее подходит метод линейного дискриминантного анализа Фишера [3, 4]. Линейный дискриминантный анализ требует выполнения ряда предположений. Вектор наблюдений  $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$  должен относиться к одному из двух классов, имею-

щих многомерные нормальные распределения с различными математическими ожиданиями и одинаковыми матрицами ковариации. Пусть  $X$  матрица наблюдений для нейтральных и стрессирующих вопросов. Столбцы данной матрицы содержат реакции, как на нейтральные, так и на стрессирующие вопросы.

$$X(p, m+n) = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m+n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \dots & x_{pm+n} \end{pmatrix}$$

где  $m$  – количество нейтральных вопросов;  $n$  – количество стрессирующих вопросов;  $p$  – количество параметров;  $x_{ij}$  значения параметров в  $i$ -ой строке и  $j$ -ой столбце. Имеется набор параметров, таких как изменение ЧСС, время реакции КГР, размах импульсов КГР, длительность импульсов ЭЭГ и т.д.

До обработки необходимо делает нормировку, чтобы все значения положительными. Нормировка выполняется по формуле

$$x_{ij}^n = \frac{(x_{ij} - x_{i\min})}{(x_{i\max} - x_{i\min})}$$

Здесь  $x_{i\min}, x_{i\max}$  – минимальные и максимальные значения параметров в  $i$ -ой строке. Далее индекс «н» будем опускать. Разобьем матрицу  $X(p, m+n)$  на две матрицы, содержащие параметры на нейтральные и стрессирующие реакции соответственно.

$$X(p, m) = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \dots & x_{pm} \end{pmatrix}; Y(p, n) = \begin{pmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & \dots & y_{pn} \end{pmatrix}$$

Создаем две матрицы, содержащие среднее значение:

$$M_X = \begin{pmatrix} \mu_{x_1} \\ \vdots \\ \mu_{x_k} \end{pmatrix}; M_Y = \begin{pmatrix} \mu_{y_1} \\ \vdots \\ \mu_{y_k} \end{pmatrix}$$

где

$$\mu_{x_i} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}; \mu_{y_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}$$

Вычисляем выборочные ковариационные матрицы:

$$C_X = \frac{(X - M_x) \cdot (X - M_x)^T}{m-1}; C_Y = \frac{(Y - M_y) \cdot (Y - M_y)^T}{n-1}$$

После этого определим объединенную ковариационную матрицу  $C_{XY}$  следующим образом:

$$C_{XY} = \frac{(m-1) \cdot C_X + (n-1) \cdot C_Y}{m+n-2}$$

Коэффициенты дискриминантной функции определяются по формуле:  $\vec{a} = (C_{XY})^{-1} \cdot (M_X - M_Y)$ , где  $(C_{XY})^{-1}$  - обратная матрица  $C_{XY}$ . Определяем значение дискриминантных функции нейтрального и стрессирующего класса соответственно:

$$f_1 = (a^T \cdot X)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_{im} \end{pmatrix}; f_2 = (a^T \cdot Y)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i \cdot y_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i \cdot y_{in} \end{pmatrix}$$

Константа дискриминации вычисляется по формуле:

$C = \frac{1}{2} \cdot (f_{1m} + f_{2m})$ , где  $f_{1m}, f_{2m}$  - значение средней дискриминантной функции нейтрального и стрессирующего класса, определяется по формуле:

$$f_{1m} = a^T \cdot M_X = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}; f_{2m} = a^T \cdot M_Y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}$$

Результаты. После получения константы дискриминации можно провести классификацию новых объектов (контрольные классы). Пусть матрица  $Z(p, k)$  содержит параметры контрольных вопросов,  $k$  - количество контрольных вопросов. Для того чтобы отнести эти вопросы к одному из двух классов, рассчитаем для них значения дискриминантных функций по формуле:  $f_z = (a^T \cdot Z)^T$ .

Если  $f_{z_j} \geq C$  ( $j$  меняется от 1 до  $k$ ), то неизвестный  $j$ -порядковый вопрос в матрице  $Z$  принадлежит к нейтральному классу. Аналогично, если  $f_{z_j} < C$  то, неизвестный вопрос в матрице  $Z$  принадлежит ко стрессирующему классу. Данный алгоритм был реализован в программном пакете Matlab. Пример результата обработки представлен на рисунке 1:

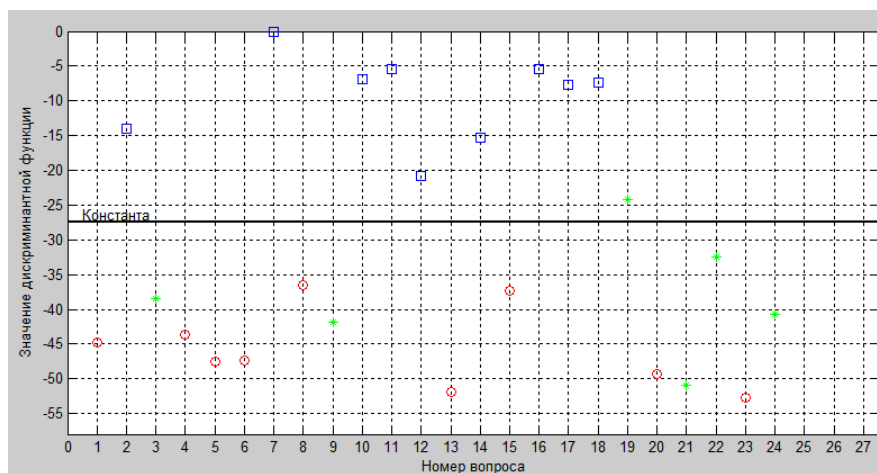


Рис. 1. Распределение вопросов на группы, исследуемый 4, где □ – нейтральные классы, ○ – стрессирующие классы, \* – контрольные классы

**Заключение.** В ходе исследования была получена классификация эмоционального состояния человека на нейтральные и стрессирующие классы методом линейного дискриминантного анализа. Установлено, что данный метод широко используется в биомедицинских исследованиях, в частности, в задачах диагностики заболеваний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Six Surprising Statistics about Stress around the World [Электронный-ресурс]. – Режим доступа: <http://magazine.thebusylifestyle.com/2019/09/15/stress-statistics-worldwide/#>
2. Depression [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/en/>
3. Афифи, А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
4. Урбах, В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В.Ю. Урбах. – М.: Медицина, 1975. – 294 с